Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 4, Sept-Oct 2020, p. 755-764

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۹، ص. ۷۶۴-۷۵۵

مقاله علمی-پژوهشی

بررسی آزمایشگاهی نقش پوشش گیاهی در تولید رواناب در کرت‌های کوچک تحت چرخه انجماد-ذوب

میلاد هاتفی[۱]- سیدحمیدرضا صادقی[۲*]- رضا عرفانزاده[۳]- مرتضی بهزادفر[٤]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۳۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۱/۲۴

چکیده

یکی از فرآیندهای تأثیرگذار بر تولید رواناب، چرخه انجماد-ذوب است که بررسی آن با توجه به شرایط توپوگرافی و اقلیمی خاص کشور برای مهار اثرات منفی آن اجتناب‌ناپذیر می‌باشد. پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیرپذیری رواناب تولیدی از اثر پوشش گیاهی در کرت‌های آزمایشی کوچک و تحت یک چرخه انجماد-ذوب و در شرایط شبیه‌سازی باران انجام پذیرفت. برای شبیه‌سازی شرایط منطقه بدرانلو واقع در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان بجنورد، با شیب عمومی ۲۰ درصد، چرخه‌ای شامل سه روز انجماد و دو روز ذوب و یک واقعه باران با شدت ۷۲ میلی‌متر بر ساعت و دوام ۳۰ دقیقه در سه تیمار پوشش گیاهی منطقه مادری خاک صورت پذیرفت. آزمایش‌های مربوطه در سه تکرار و در مقایسه با کرت‌های آزمایشی شاهد پس از رویاندن دو گونه گندمی و یک گونه علفی در اتاقک‌های رشد تا تکمیل نسبی مراحل فنولوژیک و در معرض قرار دادن آن‌ها در شرایط انجماد-ذوب انجام گرفت. نتایج پژوهش نشان داد که تیمار گونه‌های *Medicago sativa*، *Agropyron trichophorum* و *Lolium prenne* به‌ترتیب ۲/۹، ۲/۷ و ۶۷/۶ درصد حجم رواناب را نسبت به تیمار شاهد کاهش ($P<0/05$) دادند. طبق مشاهدات، قسمت عمده ریشه در دو گونه گندمی *A. trichophorum* و *L. prenne* برخلاف گونه پهن‌برگ *M. Sativa* به‌صورت سطحی بوده و احتمالاً سبب چسبندگی بیش‌تر ذرات خاک‌دانه و اصلاح ساختمان خاک سطحی شده و در نتیجه میزان تولید حجم رواناب کاهش داشته است. هم‌چنین نتایج به‌دست آمده بر نقش حفظ و یا احیاء پوشش گیاهی بومی منطقه مادری خاک در مدیریت رواناب تأکید دارد.

واژه‌های کلیدی: خاک یخ‌زده، ضریب رواناب، گونه‌های مرتعی، مناطق کوهستانی

مقدمه

فرسایش خاک[۵] یکی از مهم‌ترین چالش‌های محیط زیست بوده و در مناطق کوهستانی و یا عرض‌های جغرافیایی بالا همراه با چرخه انجماد-ذوب[۶] اتفاق می‌افتد (۴۶). حدود ۲۳ درصد از مساحت کل کره زمین در مناطق پوشیده از برف بوده که این مناطق با چرخه انجماد-ذوب مواجه بوده و یکی از شکل‌های مهم فرسایش و هدررفت خاک محسوب می‌شود (۲۸). چرخه انجماد-ذوب به‌عنوان پدیده‌ای با تغییر حالت آب موجود در خاک شناخته شده که موجب اخلال در چرخه طبیعی خاک می‌شود (۱۵). چرخه انجماد-ذوب نوعی از فرآیندهای هوازدگی بوده و باعث تغییرات گسترده‌ای در ویژگی‌های خاک می‌شود (۳۶). از جمله باعث تخریب ساختمان خاک شده که خود این امر باعث افزایش میزان فرسایش پذیری خاک می‌شود. هم‌چنین چرخه انجماد-ذوب روی مؤلفه‌های اصلی خاک تأثیر گذاشته و موجب افزایش فرسایش و حمل رسوب طی واقعه بارش و رواناب می‌شود (۴۸). زمانی‌که چرخه انجماد-ذوب در خاک اتفاق می‌افتد آرایش ذرات خاک به‌هم می‌خورد که این عامل تأثیر بسیار مهمی روی ویژگی‌های فیزیکی-مکانیکی خاک گذاشته و میزان پایداری خاک‌دانه را کاهش می‌دهد (۵۴). هم‌چنین نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داد که تعداد چرخه‌های انجماد-ذوب نیز دارای اهمیت است و می‌تواند تأثیرات دائمی روی ویژگی‌های مکانیکی خاک گذاشته و

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش آموخته کارشناسی ارشد، استاد گروه مهندسی آبخیزداری و دانشیار، گروه مرتعداری، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email: sadeghi@modares.ac.ir)
۴- دانش آموخته دکتری، مهندسی آبخیزداری، دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس و در حال حاضر کارشناس ارشد سازمان مدیریت و برنامه‌ریزی استان خراسان شمالی

DOI: 10.22067/jsw.v34i4.76389
5- Soil Erosion
6- Freezing-Thawing Cycle

باعث جداشدن آسان‌تر ذرات خاک در طی فرآیند وقوع رواناب شود (۲۹). تاکنون برای درک بهتر تأثیر چرخه انجماد–ذوب روی ویژگی‌های فیزیکی (۲۷، ۲۶ و ۱۷)، میکروبیولوژی (۳۱، ۴۳ و ۲۵)، پایداری خاک‌دانه‌ها (۳۴، ۲۴، ۴۸، ۲۶)، ظرفیت جدایش (۵۴، ۳۵ و ۴۵) و عملکرد افزودنی‌های خاک (۵۳، ۳۹ و ۴) در نقاط مختلف جهان انجام شده است. اما هنوز ابعاد مختلفی از تأثیرات وقوع این چرخه از قبیل تعداد، مدت زمان وقوع، وسعت و نوسان‌های دمایی در طول چرخه در ابعاد مختلف محیط زیستی ناشناخته مانده است که این امر ضرورت انجام پژوهش‌های مشابه را بیش از پیش آشکار می‌سازد.

از طرفی یکی از وقایع متأثر از چرخه انجماد–ذوب، تولید رواناب بوده که با توجه به حجم بالای فرسایش آبی در کشور خصوصاً در مناطق مرتفع، مهار آن از طریق کاهش سرعت رواناب و مقدار مواد حمل شده بسیار ضروری به‌نظر می‌رسد. بدیهی است با تخریب پوشش گیاهی در این مناطق مرتفع که همراه با چرخه انجماد–ذوب بوده، میزان رواناب جریان یافته در سطح زمین بیش‌تر شده که سبب هدررفت منابع در مقیاس حوزه آبخیز شده (۳۷) و مشکلات جدی برای آبخیزنشینان را به‌همراه خواهد داشت. هم‌چنین ارتباط بین رواناب سطحی، پوشش گیاهی یا کاربری اراضی با فرآیندهایی مثل فرسایش، تخریب اراضی و سیل به‌عنوان اهداف علوم محیط زیستی در سال‌های اخیر مد نظر قرار گرفته و توجه بسیاری از متخصصین را به خود جلب کرده است (۱۲). ادواردز و همکاران (۱۱) نشان دادند که میزان رواناب در طی القاء ۱۰ روز چرخه انجماد–ذوب افزایش یافته است. هم‌چنین وجود بقایای غلات روی سطح خاک، میزان رواناب را ۷۳ درصد نسبت به خاک لخت کاهش داده است. بررسی فرآیندهای هیدرولوژیکی[1] از جمله تولید رواناب در مناطق متأثر از چرخه انجماد–ذوب به‌دلیل اهمیت بالا توسط (۲۲، ۳۰ و ۲۰) انجام گرفته است. پژوهش (۶) نشان داد که فرآیند ذوب‌شدگی در خاک باعث ایجاد رواناب‌های شدید حاصل از بارش‌های بهاری شده و ضریب رواناب سطحی نیز دو برابر شده است. حیاشی و همکاران (۱۹) گزارش کردند که میزان ضریب رواناب در مناطق سرد به‌دلیل تأثیرپذیری از یخ-زدگی و وجود خاک یخ‌زده نسبت به مناطق معتدل فاقد خاک یخ‌زده، بیش‌تر است. یامازاکی و همکاران (۵۲) در خصوص تغییرات فصلی ضریب رواناب در حوزه‌های متأثر از یخزدگی، گزارش کردند که میزان ضریب رواناب سطحی در ماه ژوئیه دارای بالاترین مقدار بوده و از ماه ژوئیه تا سپتامبر میزان آن از ۰/۸ به ۰/۲ کاهش داشته است. هم‌چنین (۴۴، ۵۰ و ۵۱) ثابت کردند که ماهیت روابط بین بارش و رواناب در مناطق معتدل با مناطق سرد بسیار متفاوت است. جنگسو و همکاران (۱۳) با مطالعه روی خاک‌های متأثر از چرخه انجماد–ذوب در چین به این نتیجه رسیدند که در طی بارش‌های فصل بهار میزان ضریب رواناب بیش‌ترین تأثیر را از چرخه انجماد–ذوب پذیرفته است هم‌چنین گزارش کردند که ذوب‌شدگی خاک‌های یخ‌زده در فصل بهار در فلات های مناطق نیمه خشک باعث افزایش ضریب رواناب و افزایش جریان زیرقشری از ۶۶ تا ۸۶ درصد شده است. ونگ و همکاران (۴۹) کاهش هشت درصدی میزان رواناب در تیمارهای با چرخه انجماد–ذوب را به نسبت تیمارهای شاهد گزارش کردند.

بررسی منابع موجود نشان داد که تمرکز فعالیت‌های پژوهشی بیش‌تر در خصوص ضریب رواناب در شرایط مختلف و از جمله چرخه انجماد–ذوب بوده و مطالعه‌ای در خصوص تأثیر چرخه انجماد–ذوب روی سایر مؤلفه‌های رواناب و از جمله حجم رواناب در کشور انجام نگرفته است. از طرفی پژوهش‌های مختلف بر تأثیرپذیری رفتار هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز از جمله تولید رواناب از چرخه‌های انجماد–ذوب تأکید دارد. از طرفی چرخه انجماد–ذوب بر بیش از نیمی از مناطق کوهستانی کشور سیطره دارد. هم‌چنین سابقه پژوهشی محدودی در خصوص تأثیرات چرخه انجماد–ذوب بر مؤلفه‌های هیدرولوژیکی خاک در دسترس است. بنابراین می‌توان اذعان نمود که اثر پوشش گیاهی پیشین و یا تأثیرات مستقیم و غیرمستقیم حضور آن‌ها بر رفتار هیدرولوژیکی حوزه‌های آبخیز از جمله تولید رواناب و طبعاً تحت شرایط خاص از قبیل چرخه انجماد– ذوب علی‌رغم اهمیت و ضرورت موضوع در مسائل مدیریتی و تبیین سیاست‌های مختلف حفاظت منابع آب و خاک مورد توجه کافی قرار نگرفته است. لذا پژوهش حاضر با هدف بررسی تولید رواناب از خاک تهیه شده از مناطق کوهستانی بدرانلو استان خراسان شمالی تیمار شده با کشت برخی از گونه‌های گیاهی مرتعی شاخص منطقه تحت شرایط شبیه‌سازی چرخه انجماد–ذوب و با هدف پاسخ‌گویی به بخشی از سؤالات مرتبط با نقش پوشش گیاهی بر رفتار تولید رواناب در کرت‌های کوچک آزمایشگاهی تحت چرخه انجماد–ذوب انجام شده است.

مواد و روش‌ها

خاک مورد مطالعه

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیرپذیری تولید رواناب از پوشش گیاهی در کرت‌های آزمایشی کوچک و تحت چرخه انجماد–ذوب و در شرایط شبیه‌ساز باران انجام پذیرفت. خاک مورد آزمایش از نهشته‌های لسی دیم‌زارهای رها شده منطقه بدرانلو در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان بجنورد، با شیب عمومی ۲۰ درصد و مختصات طول جغرافیایی ´۱۱ °۵۷ شرقی و ´۳۷ °۲۹ عرض شمالی برداشت شد. بالابودن سطح اراضی دیم رها شده، حساسیت بالای سازندهای

1- Hydrological processes

زمین‌شناسی منطقه به فرسایش و وقوع شکل‌های متنوع فرسایش آبی با شدت‌های مختلف به‌ویژه لغزش‌های سطحی از شرایط عمومی حاکم بر منطقه مادری خاک است.

کرت‌های آزمایشی

در این پژوهش از کرت‌های آهنی همراه با دیواره‌هایی از جنس پلکسی‌گلاس با توانایی بالا در تحمل فشارهای جانبی و عایق حرارتی، با ابعاد ۰/۵ در ۰/۵ متر و ارتفاع ۰/۳ متر و شیب ۲۰ درصد در تطابق با شیب عمومی منطقه مادری خاک (۳) استفاده شد. هم‌چنین کرت‌های مزبور دارای صفحه زه‌کش تحتانی و سرریز بوده که قابلیت اجرای آزمایش در فضایی مهار شده را برای شبیه‌سازی فرآیند انجماد-ذوب فراهم می‌آورد. نمایی از کرت‌های مورد استفاده در شرایط عمومی استقرار گیاهان در شکل ۱ نشان داده شده است.




شکل ۱- نمایی از کرت‌های ساخته شده (راست) و مراحل آماده‌سازی آن‌ها برای انجام آزمایش (چپ)

Figure 1- View of designed plots (right) and preparing plots for experiment (left)

آماده‌سازی کرت و اجرای آزمایش

به منظور اجرای آزمایش، خاک منطقه مورد مطالعه به آزمایشگاه منتقل و پس از هوا خشک کردن، از الک ۴ میلی متر عبور داده شد. سپس با انجام کوبیدگی و غلطک زدن، وزن مخصوص نزدیک به شرایط طبیعی در خاک ریخته شده در داخل کرت‌ها ایجاد شد (۲۳ و ۲۱). کرت‌های مزبور به تعداد سه تکرار برای شاهد و تیمارهای مرتعی، ابتدا در فضای گل‌خانه‌ای پیش‌بینی شده برای کشت گونه‌های مرتعی در دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تربیت مدرس مستقر شدند. سه گونه *A. trichophorum*، *M. sativa* و *L. prenne* پس از تکمیل فرآیند کاشت و سپری کردن قسمت عمده‌ای از مراحل فنولوژیکی رشد، به حال خود رها شده تا از شرایط طبیعی حاکم بر منطقه تا حد امکان تبعیت شود. سپس کرت‌های مزبور پس از خشکیدگی بخش هوایی گونه‌های گیاهی و تشکیل لاش‌برگ، به‌منظور القاء شرایط چرخه انجماد-ذوب و نیز شبیه‌سازی باران، به آزمایشگاه شبیه‌ساز باران و فرسایش خاک منتقل شدند. به‌منظور القاء شرایط یخ‌بندان در خاک، از سامانه سرمایشی طراحی شده برای شبیه‌سازی چرخه انجماد-ذوب با قابلیت کنترل دما و ایجاد سرما از بالا و مجهز به زیرسامانه چرخش هوا استفاده شد. نمایی از مراحل مختلف آماده‌سازی تیمارهای آزمایش با پوشش گیاهی مختلف، چرخه انجماد-ذوب و نیز شبیه‌سازی باران در شکل ۲ نشان داده شده است.

واقعه باران مطابق با شدت و مدت منطقه مورد مطالعه به‌ترتیب ۷۲ میلی‌متر بر ساعت و دوام ۳۰ دقیقه مستخرج از منحنی شدت-مدت-فراوانی[1] و دوره بازگشت ۳۰ تا ۵۰ سال مد نظر قرار گرفت. از ابتدای شروع بارندگی برای حفظ ارتباط موضوعی با پژوهش‌های پیشین (۲، ۳۸) مؤلفه‌های رواناب در پایه‌های زمانی دو دقیقه (سه گام زمانی پس از شروع رواناب)، سه دقیقه (سه گام زمانی دوم)، پنج دقیقه تا پایان یافتن واقعه بارش (سه گام زمانی آخر) و پنج دقیقه پس از پایان واقعه، اندازه‌گیری شدند. در نهایت به‌منظور مقایسه میانگین داده‌ها بین هر تیمار پوشش گیاهی و شاهد منحصر بفرد آن از آزمون مقایسه زوجی[2] استفاده شد.

نتایج و بحث

پژوهش حاضر با هدف ارزیابی تغییرپذیری تولید رواناب در تیمارهای تحت پوشش‌های گیاهی و لخت و شرایط یخ‌بندان و ذوب طراحی و اجرا شد. پس از اندازه‌گیری و ثبت حجم رواناب پس از پایان هر واقعه باران، مقادیر حجم کل رواناب در تیمارهای مختلف گونه‌های مرتعی تحت چرخه انجماد-ذوب در جدول ۱ خلاصه شد.

1- Intensity-Duration-Frequency
2- Paired Sample T-Test



شکل ۲- نمایی از آماده‌سازی اولیه خاک (۱)، انتقال کرت‌ها به گل‌خانه برای کشت گونه‌های مرتعی (۲)، شبیه‌سازی فرآیند انجماد-ذوب در سامانه سرمایشی طراحی شده (۳) و اجرای آزمایش شبیه‌سازی باران و اندازه‌گیری رواناب (٤)

Figure 2- View of soil preparation (upper right), transferring study plots to the greenhouse for cultivating the rangelands species (upper left), simulating freezing-thawing cycle in designed cooling system (lower right)and running rainfall simulation and measuring runoff generation (lower left)

پس از اندازه‌گیری و ثبت حجم رواناب پس از پایان هر واقعه باران، مقادیر حجم کل رواناب در تیمارهای مختلف گونه‌های مرتعی تحت چرخه انجماد-ذوب در جدول ۱ خلاصه شد. نتایج تحلیل‌های آماری وجود اختلاف معنی‌دار (P<۰/۰۵) بین تیمارها را به‌خوبی تأیید کرد. به‌نحوی که تیمار گونه‌های *M.sativa*، *A. trichophorum* و *L. prenne* به‌ترتیب ۲/۹، ۲/۷ و ۶۷/۶ درصد حجم رواناب را نسبت به تیمار شاهد کاهش دادند. میزان رواناب در شرایط انجماد-ذوب به‌سبب وجود لایه یخ‌زده در سطح خاک و تشکیل عدسک‌های یخی در فضای بین ذره‌ای خاک‌دانه‌ها و افزایش مقاومت به نفوذ آب در خاک و کرت‌های فاقد تیمارهای پوشش گیاهی بیش از کرت‌های تیمار شده است. هم‌چنین به‌سبب بروز پدیده ذوب در سطح خاک و تجمع رطوبت در لایه سطحی، شرایطی مشابه حالت اشباع در خاک به‌وجود آمده که این مسأله زمان شروع رواناب را تسریع کرده و در نهایت با کاهش زمان شروع رواناب، میزان حجم رواناب تولیدی افزایش می‌یابد (۳).

از طرفی طبق نتایج به‌دست آمده از مطالعات مختلف (۵۰) رشد گونه‌های پهن‌برگان بیش‌تر از گرامینه‌ها بوده و یا ممکن است برای مدتی طولانی، رشد گونه‌های پهن‌برگان از گرامینه‌ها بالاتر باشد. از طرفی ریشه‌های بیش‌تر گونه‌های گرامینه عمدتاً در سطح خاک رشد کرده در حالی‌که ریشه‌های گونه‌های پهن‌برگان بسیار عمیق‌تر بوده و حتی تا عمق ۲/۵ تا ۴/۵ متری سطح خاک نیز می‌رسد. بدیهی است که وجود لاش‌برگ و پوشش گیاهی هر چند محدود در سطح خاک از برخورد مستقیم قطرات باران به سطح خاک به‌عنوان اولین گام در ایجاد فرسایش آبی جلوگیری می‌کند (۳۳ و ۳۲). هم‌چنین پژوهش‌های متعددی ثابت کرده‌اند که هرچه میزان پوشش گیاهی در سطح خاک بیش‌تر باشد میزان رواناب کم‌تری در سطح خاک ایجاد شده و در نتیجه فرسایش خاک نیز کم‌تر خواهد شد (۵۷ و ۸). از طرفی علاوه بر این‌که پوشش گیاهی در سطح خاک مانعی برای ایجاد فرسایش خاک است، بخش‌های زیر خاک پوشش گیاهی (ریشه گیاه) با افزایش قدرت چسبندگی ذرات خاک بر مقاومت خاک‌دانه‌ها در برابر فرسایش خاک تاثیر معنی‌داری دارد (۱۴). هم‌چنین ریشه گیاهان با ایجاد منافذ در خاک باعث افزایش میزان نفوذ در خاک می‌شود (۱۸).

جدول ۱- حجم کل رواناب (لیتر) در کرت‌های تیمار شده با گونه‌های مرتعی و شاهد و تحت چرخه انجماد-ذوب

Table 1- Total volume of runoff (liters) in plots treated by rangeland species and control under freezing-thawing cycle

تیمار Treatment	تکرار Replicate			میانگین Mean	انحراف معیار Standard deviation
	3	2	1		
Medicago sativa	0.36	0.33	0.32	0.33	0.02
شاهد (Control)	0.38	0.30	0.34	0.34	0.04
Agropyron trichophorum	0.26	0.34	0.23	0.27	0.05
شاهد (Control)	0.37	0.38	0.38	0.37	0.00
Lolium prenne	0.12	0.10	0.11	0.11	0.01
شاهد (Control)	0.32	0.40	0.32	0.34	0.04

جدول ۲- آنالیز واریانس مقایسه زوجی مقادیر حجم رواناب در کرت‌های گونه‌های مرتعی و شاهد تحت چرخه انجماد-ذوب

Table 2- Analysis of variance of paired comparison of runoff generation in plots treated by rangeland species and control under freezing-thawing cycle

تیمار Treatment	سطح معنی‌داری Significant level	انحراف معیار Standard deviation	اشتباه استاندارد Standard error	درجه آزادی Degree of freedom
Medicago sativa-Control	0.86	0.02	0.01	2
Agropyron trichophorum-Control	0.09	0.05	0.03	2
L. prenne-Control	0.01	0.05	0.03	2

پژوهش‌های آزمایشگاهی متعددی برای بررسی تأثیر ریشه گیاه در فرسایش خاک با استفاده از فلوم‌های هیدرولیکی انجام شده است. نتایج تمام این آزمایش‌ها حاکی از آن است که با افزایش زی‌توده ریشه، میزان فرسایش خاک کاهش پیدا کرده است (۵۵ و ۵). طی پژوهش‌های گذشته (۴۰) و بررسی اثر ریشه پنج نمونه از گونه گیاهی *Avena Sativa* دریافتند که میزان رواناب ایجاد شده در سطح خاک و در نتیجه فرسایش خاک بسیار کم‌تر از تیمار خاک لخت بوده است. در پژوهش حاضر گونه *M. sativa* و طبق اندازه‌گیری‌های انجام شده، عمق ریشه در این گونه بین ۷ تا ۹ سانتی‌متر بوده است. اما گونه‌های *A. trichophorum* و *L. prenne* به‌ترتیب دارای عمق ریشه بین ۳/۵ تا ۵/۵ و ۲/۵ تا ۴ سانتی‌متر بوده و طبق مشاهدات قسمت عمده ریشه‌های این دو نوع گونه در سطح خاک گسترش یافته بودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، می‌توان اذعان داشت که عمده قسمت‌های ریشه در دو گونه گرامینه در مقایسه با گونه پهن‌برگ یونجه در سطح بالایی خاک گسترش یافته است. این عامل سبب چسبندگی بیش‌تر ذرات خاک سطحی و اصلاح وضعیت ساختمان خاک و افزایش نفوذ آب در خاک شده و در نتیجه تولید رواناب کاهش داشته است (۴۳). هم‌چنین برخی گزارش‌ها حاکی از آن است که تفاوت در میزان رشد گونه‌های گیاهی به‌دلیل تفاوت در اندازه ذرات خاک و کمبود آب و مواد غذایی مورد نیاز گونه‌ها می‌باشد (۱۰). گونه‌های گیاهی کشت شده در شرایط گل‌خانه‌ای نیز احتمالاً به‌دلیل تفاوت در مقدار مواد غذایی در دسترس گیاه دارای میزان رشد متفاوت بوده‌اند. بدین صورت که ارتفاع متوسط و انحراف معیار گونه‌های مطالعاتی *A. trichophorum*، *M. sativa* و *L. prenne* به‌ترتیب ۷/۲±۳۸/۷، ۱/۹±۱۲/۸ و ۴/۲±۳۳ بوده است. هم‌چنین این‌که بافت و ساختار لاش‌برگ قطعاً در *L. prenne* متفاوت از *M. sativa* بوده به‌طوری‌که در *L. prenne* پیوستگی قطعات در ساقه و طویل بودن اجزای لاش‌برگ نسبت به *M. sativa* می‌تواند مانع جدی‌تری در برابر جریان رواناب باشد. پژوهش‌های مختلف نشان می‌دهد که درصد فیبر و الیاف فیبری در گونه‌های گرامینه بیش‌تر از گونه‌های پهن‌برگ می‌باشد (۱) در نتیجه می‌توان گفت که حضور فیبر بیش‌تر در لاش‌برگ گراس‌ها و مقاومت‌پذیری بیش‌تر آن‌ها می‌تواند عاملی برای کاهش نسبی رواناب باشد.

بررسی نتایج حاصل از پژوهش حاضر نشان می‌دهد که وجود پوشش گیاهی در سطح خاک باعث افزایش تجمع ریزدانه‌ها[1] در سطح خاک شده و اگر خاک دست نخورده باقی بماند باعث بالارفتن پایداری ساختمان خاک می‌شود. تجمع ریزدانه‌ها در خاک باعث ایجاد شبکه گسترده‌ای از ریشه‌های کوچک در خاک شده و ذرات خاک‌دانه چسبندگی بالاتری پیدا می‌کنند (۹). در نتیجه با توجه به مشاهدات صورت گرفته از ریشه‌های ریز و فرعی موجود در گونه *L. prenne*

1- Microaggregate

احتمالاً به چسبندگی بیش‌تر ذرات خاک در اثر وجود این ریشه‌های ریز و فرعی و تجمع ریزدانه‌ها وابسته است.

نتیجه‌گیری

نتایج پژوهش حاضر رفتار متفاوت اثر کاشت گونه‌های *L. prenne* و *A. trichophorum* بر حجم رواناب خاک‌های تحت تأثیر چرخه انجماد–ذوب را تأیید کردند. اما کاشت گونه *M. sativa* در کاهش حجم رواناب تولیدی نسبت به تیمار شاهد معنی‌دار نبوده است. در نهایت با توجه به نتایج به‌دست آمده از پژوهش فوق و شرایط اقلیمی حاکم بر بیش از نیمی از وسعت کشور که عمدتاً متأثر از انجماد–ذوب بوده و حفظ و احیاء پوشش گیاهی موجود در این مناطق و یا کشت گونه‌های خانواده گرامینه تأثیر معنی‌داری در مدیریت و کاهش رواناب خواهند داشت. روش زیستی پیشنهادی به‌عنوان راه حلی اجرایی و سازگار با محیط زیست برای کاهش میزان هدررفت منابع خاک و آب توصیه می‌شود. اگرچه ضرورت انجام پژوهش‌های مشابه در مقیاس بزرگ‌تر و با گونه‌های بومی مناطق متأثر از چرخه انجماد–ذوب برای دست‌یابی به نتایج جامع‌تر و دقیق‌تر ضروری به‌نظر می‌رسد.

منابع

1- Ashrafzadeh M., Erfanzadeh R., and Hosseini Kahnouj H. 2015. Effects of soil chemical properties on forage quality in dry rangelands in the south of Fars Province. Iranian Journal of Range and Desert Research 22(2): 382-391. (In Persian with English abstract)

2– Behzadfar M., Sadeghi S.H.R., and Khanjani M.J. 2013. Application of polyacrylamide in controlling the effect of freezing and thawing cycle in soil runoff generation and soil loss. Iranian Water Research Journal 10(1): 39-47. (In Persian with English abstract)

3- Behzadfar M., Sadeghi S.H.R., Khanjani M.J., and Hazbavi Z. 2012. Effectability of runoff and sediment yield from soils induced by freezing and thawing cycle under simulated rainfall condition. Journal of Water and Soil Resources 2(1): 13-22. (In Persian with English abstract)

4- Behzadfar M., Sadeghi S.H.R., Khanjani M.J., and Hazbavi Z. 2017. Effects of rates and time of zeolite application on controlling runoff generation and soil loss from a soil subjected to a freeze-thaw cycle. International Soil and Water Conservation Research 5(2): 95-101.

5- Burylo M., Rey F., Mathys N., and Dutoit T. 2012. Plant root traits affecting the resistance of soils to concentrated flow erosion. Earth Surface Processes and Landforms 37(14): 1463-1470.

6- Carey S.K., and Pomeroy J.W. 2009. Progress in Canadian snow and frozen ground hydrology, 2003-2007. Canadian Water Resources Journal 34(2): 127-138.

7- Carey S.K., and Woo M.K. 2001. Slope runoff processes and flow generation in a subarctic, subalpine catchment. Journal of Hydrology 253: 110–129.

8- Chu L., Ishikawa Y., Shiraki K., Wakahara T., and Uchiyama Y. 2010. Relationship between forest floor cover percentage and soil erosion rate on the forest floor with an impoverished understory grazed by deer (*Cervus* Nippon) at Doudaira, Tanzawa mountains. Journal of the Japanese Forest Society 92(5): 261-268.

9- Curaqueo G., Acevedo E., Cornejo P., Seguel A., Rubio R., and Borie F. 2010. Tillage effect on soil organic matter, mycorrhizal hyphae and aggregates in a Mediterranean agroecosystem. Revista de la Ciencia del Suelo Nutrición Vegetal 10(1): 12-21.

10- Donald R.G., Kay B.D., and Miller M.H. 1987. The effect of soil aggregate size on early shoot and root growth of maize (*Zea mays* L.). Plant and Soil 103(2): 251-259.

11- Edwards L.M., and Burney J.R. 1989. The effect of antecedent freeze-thaw frequency on runoff and soil loss from frozen soil with and without subsoil compaction and ground cover. Canadian Journal of Soil Science 69(4): 799-811.

12- García-Ruiz J. M. 2010. The effects of land uses on soil erosion in Spain: a review. Catena 81(1): 1-11.

13- Genxu W., Tianxu M., Juan C., Chunlin S., and Kewei H. 2017. Processes of runoff generation operating during the spring and autumn seasons in a permafrost catchment on semi-arid plateaus. Journal of Hydrology 550: 307-317.

14- Gray D.H., Sotir R.B. 1996. Biotechnical and soil bioengineering slope stabilization: a practical guide for erosion control. John Wiley and Sons. 359 p.

15- Groffman P.M., Driscoll C.T., Fahey T.J., Hardy J.P., Fitzhugh R.D., and Tierney G.L. 2001. Colder soils in a warmer world: A snow manipulation study in a northern hardwood forest ecosystem. Biogeochemistry 56: 135-150.

16- Gui-Yuan L.I., and Hao-Ming F.A.N. 2014. Effect of freeze-thaw on water stability of aggregates in a black soil of

northeast China. Pedosphere 24(2): 285-290.

17- Güllü H., and Khudir A. 2014. Effect of freeze–thaw cycles on unconfined compressive strength of fine-grained soil treated with jute fiber, steel fiber and lime. Cold Regions Science and Technology 106: 55-65.

18- Gyssels G., Poesen J., Bochet E., and Li Y. 2005. Impact of plant roots on the resistance of soils to erosion by water: a review. Progress in Physical Geography 29(2): 189-217.

19- Hayashi M., van der Kamp G., and Schmidt R. 2003. Focused infiltration of snowmelt water in partially frozen soil under small depressions. Journal of Hydrology 270: 214-229.

20- Ishikawa M., Zhang Y., Kadota T., and Ohata T. 2006. Hydrothermal regimes of the dry active layer. Water Resources Research 1: 42(4).

21- Kheirfam H., Sadeghi S.H.R., Zarei Darki B., and Homaee M. 2017. Controlling Rainfall-Induced Soil Loss from Small Experimental Containers through Inoculation of Bacteria and Cyanobacteria. Catena 152: 40-46.

22- Kuchment L.S., Gelfan A.N., and Demidov V.N. 2000. A distributed model of runoff generation in the permafrost regions. Journal of Hydrology 240: 1–22.

23- Kukal S.S., and Sarkar M. 2011. Laboratory simulation studies on splash erosion and crusting in relation to surface roughness and raindrop size. Journal of the Indian Society of Soil Science 59(1): 87-93.

24- Kværnø S.H., and Øygarden L. 2006. The influence of freeze–thaw cycles and soil moisture on aggregate stability of three soils in Norway. Catena 67(3): 175-182.

25- Larsen K.S., Grogan P., Jonasson S., and Michelsen A. 2007. Respiration and microbial dynamics in two subarctic ecosystems during winter and spring thaw: effects of increased snow depth. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 39(2): 268-276.

26- Li G.Y., and Fan H.M. 2014. Effect of freeze-thaw on water stability of aggregates in a black soil of northeast China. Pedosphere 24(2): 285–290.

27- Li Q., Liu G.B., and Xu M.G. 2013. Effect of seasonal freeze-thaw on soil anti-scouribility and its related physical property in hilly loess plateau. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering 29(17): 105–112.

28- Li S., Niu F., Lai Y., Pei W., and Yu W. 2017. Optimal design of thermal insulation layer of a tunnel in permafrost regions based on coupled heat-water simulation. Applied Thermal Engineering 110: 1264-1273.

29- Liu J., Chang D., and Yu Q. 2016. Influence of freeze-thaw cycles on mechanical properties of a silty sand. Engineering Geology 210: 23-32.

30- McGuire A.D. 2002. Environmental variation, vegetation distribution, carbon dynamics and water/energy exchange at high latitudes. Journal of Vegetation Science 13(3): 301–314.

31- Mikan C.J., Schimel J.P., and Doyle A.P. 2002. Temperature controls of microbial respiration in arctic tundra soils above and below freezing. Soil Biology and Biochemistry 34(11): 1785-1795.

32- Mizugaki S., Nanko K., and Onda Y. 2010. The effect of slope angle on splash detachment in an unmanaged Japanese cypress plantation forest. Hydrological Processes 24(5): 576-587.

33- Nanko K., Mizugaki S., and Onda Y. 2008. Estimation of soil splash detachment rates on the forest floor of an unmanaged Japanese cypress plantation based on field measurements of throughfall drop sizes and velocities. Catena 72(3): 348-361.

34- Oztas T., and Fayetorbay F. 2003. Effect of freezing and thawing processes on soil aggregate stability. Catena 52(1): 1-8.

35- Poesen J., Nachtergaele J., Verstraeten G., and Valentin C. 2003. Gully erosion and environmental change: importance and research needs. Catena 50 (2–4): 91–133.

36- Qi J., Ma W., and Song C. 2008. Influence of freeze–thaw on engineering properties of a silty soil. Cold Regions Science and Technology 53(3): 397-404.

37- Ramos-Scharron C.E., and MacDonald L.H. 2007. Development and application of a GIS-based sediment budget model. Journal of Environmental Management 84(2): 157-172.

38- Sadeghi S.H.R., Raisi M.B., and Hazbavi Z. 2016. Effects of polyacrylamide in controlling of splash erosion from a soil induced freeze-thaw cycle. Journal of Water and Soil 29(6): 1601-1611. (In Persian with English abstract)

39- Sadeghi S.H.R., Sharifi Moghadam E., and Khaledi Darvishan A.V. 2016. Effects of Subsequent Rainfall Events on Runoff and Soil Erosion Components from Small Plots Treated by Vinasse. Catena 138: 1-12.

40- Sekine M., and Nabeshima K. 2011. Effects of vegetation root and leaf on slope erosion caused by a heavy rainfall. Journal of Hydroscience and Hydraulic Engineering 29(2): 17-28.

41- Sheridan G.J., Noske P.J., Lane P.N., and Sherwin C.B. 2008. Using rainfall simulation and site measurements to predict annual interrill erodibility and phosphorus generation rates from unsealed forest roads: Validation against in-situ erosion measurements. Catena 73(1): 49-62.

42- Shinohara Y., Otani S., Kubota T., Otsuki K., and Nanko K. 2016. Effects of plant roots on the soil erosion rate under simulated rainfall with high kinetic energy. Hydrological Sciences Journal 61(13): 2435-2442.

43- Sjursen H., Michelsen A., and Holmstrup M. 2005. Effects of freeze–thaw cycles on microarthropods and nutrient availability in a sub-Arctic soil. Applied Soil Ecology 28(1): 79-93.

44- Spence C., and Woo M.K. 2006. Hydrology of subarctic Canadian Shield: heterogeneous headwater basins. Journal of Hydrology 317(1-2): 138-154.

45- Sun B.Y., Xiao J.B., Li Z.B., Ma B., Zhang L.T., Huang Y.L., and Bai L.F. 2018. An analysis of soil detachment capacity under freeze-thaw conditions using the Taguchi method. Catena 162: 100-107.

46- Wang B., Zheng F.L., and Römkens M.J.M. 2013. Soil erodibility for water erosion: a perspective and Chinese experiences. Geomorphology 187: 1–10.

47- Wang G.Q., Wu B.B., and Zhang L. 2014. Role of soil erodibility in affecting available nitrogen and phosphorus losses under simulated rainfall. Journal of Hydrology 514: 180–191.

48- Wang E., Cruse R.M., Chen X., and Daigh A. 2012. Effects of moisture condition and freeze/thaw cycles on surface soil aggregate size distribution and stability. Canadian Journal of Soil Science 92(3): 529-536.

49- Wang T., Li P., Ren Z., Xu G., Li Z., Yang Y., and Yao J. 2017. Effects of freeze-thaw on soil erosion processes and sediment selectivity under simulated rainfall. Journal of Arid Land 9(2): 234-243.

50- Weaver J.E. 1958. Classification of root systems of forbs of grassland and a consideration of their significance. Ecology 39(3): 393-401.

51- Woo M.K. 2012. Permafrost Hydrology. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 563p.

52- Yamazaki Y., Kubota J., Ohata T., Vuglinsky V., and Mizuyama T. 2006. Seasonal changes in runoff characteristics on a permafrost watershed in the southern mountainous region of eastern Siberia. Hydrological Processes 20(3): 453-467.

53- Zaimoglu A.S. 2010. Freezing–thawing behavior of fine-grained soils reinforced with polypropylene fibers. Cold Regions Science and Technology 60(1): 63-65.

54- Zhang G.H., Liu B.Y., Nearing M.A., Huang C.H., and Zhang K.L. 2002. Soil detachment by shallow flow. Transactions of the ASAE, 45(2): 351.

55- Zhou Z.C., and Shangguan Z.P. 2005. Soil anti-scouribility enhanced by plant roots. Journal of Integrative Plant Biology 47(6): 676-682.

56- Zhou Z., Ma W., Zhang S., Mu Y., and Li G. 2018. Effect of freeze-thaw cycles in mechanical behaviors of frozen loess. Cold Regions Science and Technology 146: 9-18.

57- Zuazo V.D., Martínez J.F., Pleguezuelo C.R., Raya A.M., and Rodríguez B.C. 2006. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers in a mountainous area (SE Spain): implications for sustainable agriculture. Environmentalist 26(4): 309-319.

Journal of Water and Soil
Vol. 34, No. 4, Sept-Oct 2020, p. 755-764

نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۴، شماره ۴، مهر – آبان ۱۳۹۹، ص. ۷۶۴-۷۵۵

Laboratory Study of Vegetation Cover Impact on Runoff Generation in Small Plots under Freezing and Thawing Cycle

M. Hatefi[1]- S.H. Sadeghi[2]*- R. Erfanzadeh[3]- M. Behzadfar[4]

Received: 21-11-2018
Accepted: 12-04-2020

Introduction: Freezing-Thawing (FT) cycle is one of the processes that affects runoff generation. It is therefore necessary to control its negative effects due to specific topographic and climatic situation of Iran. However, there is no documented research about positive effects of vegetation cover on controlling detrimental effects of (FT) cycle yet. The present study aimed to explain the affectability of runoff generation from vegetation cover in small experimental plots under FT cycle.

Materials and Methods: In order to conduct this study, the soil was collected from Badranlou region located in 10 km west of Bojnourd in north Khorasan province. In this study, iron plots with Plexiglas walls with high ability to withstand lateral stresses and thermal insulation with dimensions of 0.5×0.5 m and a height of 0.3 m and a gradient of 20 percent in accordance with the general slope of the maternal area of the soil were used. The soil was passed from 4 mm sieve after air drying and then was placed in the prepared plots. Thirty plots were prepared for the entire selected plants species and transferred to the greenhouse and three species of *A. trichophorum, M. sativa* and *L. prenne* were planted. The species were then allowed until completing the main part of the phenological stages to maximally mimic the natural conditions governing the region. A FT cycle including three days of freezing and two consequent days of thawing and rainfall simulation with 72 mm h^{-1} in 30 min in three plots with vegetation cover was formulated similar to the study area situation. The entire experiments were conducted in three replicates. Similar control plots were also arranged for comparison purposes. Runoff components were measured in two minutes (three-time steps after runoff), three minutes (three second steps), five minutes until the end of the incident (three last steps) and five minutes after the end of the event. After measuring and recording the amount of runoff generation at the end of each rain event, the total amount of runoff generation in different treatments of rangeland species under FT cycle was recorded.

Results and Discussion: The result showed that the treated plots of *M. sativa*, *A. trichophorum,* and *L. prenne* significantly ($P<0.05$) reduced runoff generation by 0.97, 0.72 and 0.32 times compared with control treatments, respectively. The different effects of *L. prenne* and *A. trichophorum* species on runoff generation under the freeze-thaw cycles was confirmed. However, *M. sativa* did not have significant effect in reducing the amount of runoff generation compared with the control. The effect of FT cycle due to performance of ice lenses and formation of active melting layer in the soil surface was controlled owing to the presence of litter and adhesion of the surface layer of soil under treatments of *M.sativa*, *A.trichophorum* and *L.Prenne*. Besides, according to the measurement unlike the *M. sativa*, the main parts of root in two gramineae species of *A. trichophorum* and *L. prenne* were distributed superficially and caused more cohesion and improvement in soil aggregation. The runoff generation reduced in the presence of *L. prenne* more than the other two species. Based on the different studies, the percentage of fiber in gramineae species is more than broad-leaved species. Therefore, the presence of more fiber in *A. trichophorum* and *L. prenne* litters and subsequently their more resilience can be an effective factor in the relative reduction of runoff generation. In addition, the results of the study showed that the presence of vegetation on the soil surface increased the accumulation of fine grains on the soil surface and, if the soil remains intact, increases the stability of the soil structure. The accumulation of fine crops in the soil creates a large network of small roots in the soil and the soil particles become more adhesive.

1, 2 and 3- Former MSc Student, Professor, Department of Watershed Management Engineering, and Associate Professor, Department of Rangeland Management, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: sadeghi@modares.ac.ir)
4- Former Ph.D. Student, Department of Watershed Management Engineering, Faculty of Natural Resources, Tarbiat Modares University, at present, Expert in Planning and Management Organization, North Khorasan Province, Iran
DOI: 10.22067/jsw.v34i4.76389

Due to the presence of the small roots in *L. prenne* species, there is the soil greater adhesion and further reduction of runoff in the presence of this plant.

Conclusion: The results of this study verified that plant cultivation can have significant effects on reducing runoff. In this regard, *Lolium prenne* had maximum benefit on reduction of runoff and soil loss induced by FT cycle due to better formation of superficial root system.

Keywords: Freezing-thawing cycle, Rangeland species, Runoff, Soil loss